中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 65～80 (2000)

囊叢枝內生菌根菌在臺灣代表性土壤中之分布[1]

林素禎[2]　洪崑煌[3]　吳繼光[2]

摘要：本報告內容主要爲調查臺灣代表性土壤中，囊叢枝內生菌根菌孢子的種類與數量，並探討菌根菌的孢子數與土壤的理化性質之相關性。調查結果發現：在69個採樣土壤中有19個土壤(28%)找不到囊叢枝內生菌根菌孢子，有63個土壤(91%)之孢子數少於100個/100g soil 。在69個採樣土壤中所出現之內生菌根菌菌種共有15種，而這15種菌根菌出現6次以上的有8種，分別爲*Acaulospora mellea* (10次)， *A. morrowiae* (25次)，*A. scrobiculata* (8次)，*Glomus claroideum* (10次)，*G. etunicatum* (7次)，*G. mosseae* (10次)，*G. occultum* (16次)與*G. spurcum* (6次) 。平均孢子數最多之菌根菌菌種爲*Glomus spurcum* (349.7個/100g soil)與*Acaulospora scrobiculata* (98.1個/100g soil)。本次採集的土壤樣品中除了*Acaulospora mellea*的孢子數與交換性鈉含量有明顯之正相關外，其餘的樣品中菌根菌的孢子數與土壤的黏粒含量，有機質含量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量，陽離子交換容量的相關性皆不顯著。由調查結果顯示：菌根菌多分布在土壤有機質含量小於5.5%，有效性氮含量小於75 mg/kg及有效性磷含量小於75 mg/kg之土壤中。根據菌種在土壤樣品的出現機率發現： *A. morrowiae*多分布於酸性土壤，*G. mosseae*則分布在微酸性至中性土壤，*G. occultum*分布範圍較廣，從酸性土壤到鹼性土壤皆可發現。

關鍵詞：囊叢枝菌根菌、生態。

前　言

囊叢枝內生菌根菌能幫助宿主廣泛地吸收土壤中的養分特別是磷肥，進而對作物有促進生長的效用[28]。此外，囊叢枝內生菌根菌對作物的好處還有很多，譬如提高植物幼苗移植的存活率，加速健康種苗的生長，提早開花，增加花朵數及花朵大小，延長切花的插花壽命，幫助植物抵抗逆境等[1-4,10,15,28]。囊叢枝內生菌根菌有益於作物生長的作用在過去研究甚多，然囊叢枝內生菌根菌在田間應用上，卻不一定有效[21]，這主要是因爲囊叢枝內生菌根菌易受到環境因子的影響，要使囊叢枝內生菌根菌的效果充分發揮，就必須瞭解影響其生長之環境因子。根據Sutton[39]描述囊叢枝內生菌根菌的形成過程包括三個階段，1.囊叢枝內生菌根菌孢子的發芽，菌絲的生長，以及菌絲開始侵入植物根細胞，2.菌絲在根皮層細胞內拓展，同時菌絲亦向根外拓展，侵入其他根細胞，3.植物根感染菌根菌的比率達到穩定狀態。影響囊叢枝內生菌根菌形成過程的環境因子包括土壤理化性質、土壤微生物、植物，以及影響植物生長的氣候因子，本報告就土壤理化性質加以討論。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2046號。
2. 本所農化系助理研究員、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立臺灣大學農化系教授。台北市。

土壤pH值：囊叢枝內生菌根菌菌種不同，孢子適合發芽的土壤pH值亦不相同。*Gigaspora coralloide*孢子最適合發芽的pH值為5~6 [27]。*Gigaspora margarita*在pH＝6.0時，孢子的發芽率最高，菌絲生長最好[38]。*Glomus heteragama*孢子發芽最適宜的pH值為6.0，*Glomus Coralloidea*孢子發芽最適宜的pH值為5.0，*Glomus mosseae*孢子發芽最適宜的pH值為7.0~8.0，*Glomus epigaeum* (=*Glomus versiforme*)孢子發芽最適宜的pH值為7.0~7.4[24,27]。同屬的菌根菌菌種可分布在pH值差異很大的土壤中，例如：在陽明山國家公園硫磺口，土壤pH值為2.7，可發現*Entrophospora columbiana*；在溪頭臺大實驗林區土壤pH值3.11，可發現*Entrophospora infrequens*，而在墾丁國家公園土壤pH值7.94，可發現*Entrophospora kentinensis* [41]。

有機質含量：有機質影響土壤構造，pH值，養分與保水力，可直接或間接影響菌根菌的拓展與接種效果。根據Sheikh等人[37]報導，在巴基斯坦的土壤中，囊叢枝內生菌根菌孢子數與有機質的含量有密切的相關，孢子數在有機質含量為1~2%之土壤中最多，有機質小於0.5%的土壤中，孢子數很少；而根據Gianinazzi-Pearson的報導，在溫帶的土壤中，有機質含量2~13%，菌根菌的孢子數與有機質含量沒有明顯相關[26]。

土壤氮、磷的含量：Hayman指出，在溫帶土壤添加氮肥(188kg-N/ha)，對菌根菌的拓展有負面的影響，在未施氮肥區菌根菌孢子的數量比施氮肥區多2~7倍，而未施氮肥區之菌根菌感染率亦比施氮肥區多2~4倍[30]。Menge等人發現加州土壤中磷的含量與菌根菌的孢子數成反比。在不施磷肥的土壤中，蠶豆(*Vicia faba* L.)的菌根感染率為47%，而施用45kg-P/ha後，蠶豆的菌根感染率下降為15%，在施肥區土壤中，菌根菌的孢子數為30個/100g soil，在未施肥區土壤中，菌根菌的孢子數為65個/100g soil [34]。

囊叢枝內生菌根菌接種前須先瞭解試驗土壤中原有的菌根菌種類與數量，農業試驗所曾調查臺灣四個生態保護區(陽明山國家公園，臺大溪頭實驗農場，墾丁國家公園，太魯閣國家公園)之菌根菌分布[5]，而臺灣農耕地之菌根菌分布則未見報導。本報告乃針對一般低海拔的農耕地與坡度較小的坡地，調查其菌根菌孢子的種類與數量，並探討菌根菌孢子數與採樣土壤理化性質之相關性。

材料與方法

一、土壤之採集

土壤之採集主要是根據國立中興大學土壤系[7,8,17-19]與農業試驗所陳春泉[12-14]出版之各縣土壤調查報告書，並參考國立臺灣大學農化系[20]所整理之臺灣基標土系，選擇母質、pH值及質地等土壤性質差異大且具代表性之土壤。採樣時間在水稻收割後，約在7~8月與1~2月間。採樣位置為表土30公分，採樣地點如圖1，共計有69個採樣點，而採樣點之土系、地點、座標、植生、母質與土壤分類詳列於表1、表2。

二、土壤理化性質分析

採集之土壤樣品置於通風處自然風乾後，磨碎過2mm篩，經充分混合後，儲存於塑膠罐中，供作各種土壤理化性質分析，所分析之土壤理化性質項目及方法如下：

(一) pH值：土壤與水1:1(w/w)混合測定 [33]。

(二) 粒徑分析：採用比重計法測定，並依美國農部之土壤質地分類三角圖予以命名 [25]。

(三) 有機質：土壤樣品過1mm篩網， 採用比色法測定，利用重鉻酸鉀與濃硫酸來氧化土壤中有機物 [11]。

(四) 有效性氮：以2M 氯化鉀水溶液抽取土壤中之水溶性氮與交換性氮[22]，抽出之氮以硫酸亞鐵與鋅粉為還原劑還原為銨態氮[6]，再以微量擴散法定量之[6,9]。

(五) 有效性磷：採用奧爾遜氏法(Olsen's sodium bicarbonate method) [35] 。

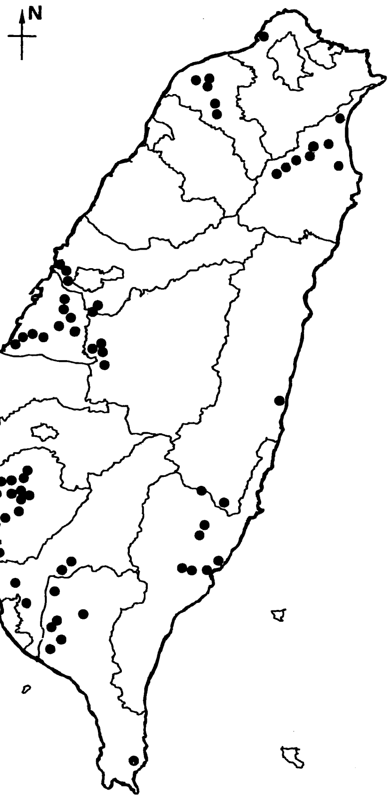

圖1. 土壤採樣地點

Fig. 1 Soil sampling locations in Taiwan.

表1. 採樣點之土系、地點及植生

Table 1. Soil series, locations and vegetation of the sampling sites

編號	土系	採樣地點	地點座標		植 生
1	淡水系 Tansui(TTs)	台北縣淡水忠烈祠	N:25°10'51"	E:121°25'16"	禾本科雜草
2	平鎮系 Pinchen(Pc)	桃園縣中壢市	N:24°59'05"	E:121°10'51"	水稻
3	銅鑼圈系 Tunglochuan(Tc)	桃園縣龍潭三林村	N:24°51'12"	E:121°12'59"	相思樹
4	坡堵系 Potu(Pu)	桃園縣中壢市崙坪	N:24°59'50"	E:121°08'33"	水稻
5	湖口系 Hukou(Hk)	桃園縣新屋鄉赤欄村	N:25°58'56"	E:121°04'00"	通泉草
6	湖口系 Hukou(Hk)	桃園縣中壢龍潭公路113甲路邊	N:24°53'19"	E:121°13'07"	芒果園雜草
7	龍崗系 Lungkang(Lk)	桃園縣中壢市大崙	N:24°59'30"	E:121°10'40"	水稻
8	龜山系 Kueishan(Ks)	桃園縣新屋鄉東明村	N:25°58'39"	E:121°04'07"	水稻
9	大肚系 Tatu(TTq)	台中縣大肚鄉新興村	N:24°08'25"	E:120°32'12"	水稻
10	社腳系 Chechiao(TCo)	台中縣霧峰鄉舊正村	N:24°01'48"	E:120°40'36"	甘蔗
11	社口系 Shekou(TSk)	台中縣龍井鄉三德村	N:24°12'35"	E:120°30'55"	水稻
12	南屯系 Nantun(TNt)	台中縣龍井鄉田中村	N:24°11'42"	E:120°31'59"	水稻
13	大埔美系 Tapumei(CTf)	南投縣民間鄉中正村	N:23°50'26"	E:120°41'16"	玉米
14	翁子系 Wengtzu(TWz)	南投縣竹山鎮集山路	N:23°46'59"	E:120°42'14"	茶園
15	陳厝寮系 Chentsoliao(CCe)	南投縣名間鄉新光村	N:23°51'13"	E:120°39'55"	茶園
16	吳厝系 Wutso(TWt)	南投縣名間鄉	N:23°51'38"	E:120°41'08"	茗子
17	栗林村系 Lilintsun(TLb)	彰化縣芬園鄉田厝子	N:24°00'23"	E:120°39'04"	水稻
18	二林系 Erhlin(Eh)	彰化縣二林鎮東華里	N:23°53'46"	E:120°25'45"	水稻
19	外三塊系 Waishankuai(Wk)	彰化縣埔心鄉芎蕉村	N:23°56'49"	E:120°30'43"	水稻

表1. 採樣點之土系、地點及植生(續)

Table 1. Soil series, locations and vegetation of the sampling sites.(Continued)

編號	土系	採樣地點	地點座標		植生
20	平和系 Pingho(Ph)	彰化縣二林鎮舊社	N:23°53'47"	E:120°20'30"	花生
21	路上厝系 Lushantseu(Ls)	彰化縣大成鄉五間寮	N:23°53'03"	E:120°18'22"	美人樹
22	員林系 Yuanlin(Yu)	彰化縣二林鎮七戶子	N:23°54'10"	E:120°23'16"	葡萄
23	二水系 Erhshui(Es)	彰化縣大村鄉擺塘村	N:23°59'20"	E:120°33'11"	水稻
24	蓮花池系 Lienhuachi(Li)	彰化縣花壇鄉橋頭村	N:24°01'46"	E:120°32'05"	水稻
25	鹿港系 Lukang(Lu)	彰化縣員林鎮大明里	N:23°55'31"	E:120°34'43"	水稻
26	花壇系 Huatan(Hn)	彰化縣花壇鄉北口村	N:24°03'11"	E:120°31'46"	美人樹、雜草
27	將軍系 Chengchung(Cf)	台南縣將軍鄉長榮村	N:23°11'28"	E:120°09'14"	雜草
28	岸內系 Annei(An)	台南縣學甲鎮大灣	N:23°12'55"	E:120°10'40"	豆子
29	座駕系 Tsochia(Ts)	台南縣官田鄉隆田	N:23°12'26"	E:120°18'18"	田菁
30	座駕系 Tsochia(Ts)	台南縣六甲鄉龜仔港	N:23°15'06"	E:120°17'31"	水稻
31	下中系 Hsiachung(Hk)	台南縣佳里鎮佳里興	N:23°11'54"	E:120°10'10"	水稻
32	仁德系 Jente(Je)	台南縣新市鄉道爺農場	N:23°05'53"	E:120°16'12"	甘蔗
33	柳營系 Liuying(Ly)	台南縣柳營鄉小腳腿(南81號路旁)	N:23°16'45"	E:120°21'15"	西瓜
34	林鳳營系 Linfengying(Lh)	台南縣六甲鄉林鳳營	N:23°15'02"	E:120°18'22"	禾本科雜草
35	臺南系 Tainan(Tn)	台南縣善化鎮嘉拔里(178號路旁)	N:23°07'42"	E:120°19'9"	田菁
36	善化系 Shanhua(Sk)	台南縣官田鄉烏山頭(165號路旁)	N:23°12'26"	E:120°20'30"	水稻
37	鹽埕系 Yenchen(Yl)	台南縣仁德鄉保安村保安宮後	N:22°55'36"	E:120°13'39"	禾本科雜草
38	太康系 Taikang(Tk)	台南縣柳營小腳腿重溪國小旁	N:23°17'19"	E:120°21'23"	田菁
39	官田系 Kuantien(Kt)	台南縣官田鄉官田村	N:23°11'22"	E:120°20'30"	雜草
40	弧山系 Hushan(Ht)	台南縣官田鄉角秀村台糖鐵路旁	N:23°12'53"	E:120°19'46"	禾本科雜草
41	麻豆系 Matou(Ma)	台南縣麻豆鎮埤頭里	N:23°12'07"	E:120°13'18"	玉米
42	西畔系 Hsipan(Hp)	高雄縣美濃鎮下九寮	N:22°51'10"	E:120°31'07"	椰子樹、雜草
43	下水埔系 Shashuipu(Sp)	高雄縣美濃鎮獅山里	N:22°53'24"	E:120°33'20"	雜草
44	大崎頂系 Tachiting(Tcs)	高雄市楠梓中里鹽埕鄰	N:22042'55"	E:120°21'19"	荔枝
45	太康系 Taikang(Tk)	高雄縣岡山	N:22°47'39"	E:120°18'55"	甘蔗
46	洲子系 Choutzu(Cj)	屏東縣里港	N:22°46'07"	E:120°29'00"	棗子、雜樹
47	舊冬腳系 Chiutungchiao(Ci)	屏東縣萬丹鄉廣安村廣安重劃區	N:22°37'06"	E:120°28'34"	毛豆
48	加興村系 Chiahsing(Ca)	屏東縣萬丹鄉上村村	N:22°36'29"	E:120°28'06"	洋香瓜
49	老埤系 Laopi(Lo)	屏東縣內埔鄉中林村	N:22°39'57"	E:120°36'47"	鳳梨
50	五魁寮系 Wukueiliao(Wl)	屏東縣潮州鎮蓬萊	N:22°33'13"	E:120°31'23"	雜草
51	過溪子系 Kuochitzu(Kc)	屏東縣崁頂鄉越溪村	N:22°30'15"	E:120°28'21"	香蕉
52	老佛山系 Laofosham(Lfs)	屏東縣滿州鄉里德	N:22°01'19"	E:120°50'55"	雜木
53	豐樂系 Fenglo(Fl)	台東縣關山鎮	N:23°02'38"	E:121°09'16"	甘蔗
54	瑞穗系 Juisui(Js)	台東縣關山鎮	N:23°00'49"	E:121°08'29"	雜草
55	初鹿系 Chulu(Cl)	台東縣初鹿	N:22°51'25"	E:121°05'08"	玉米
56	鹿野系 Luyeh(Ly)	台東縣初鹿	N:22°51'19"	E:121°05'24"	雜草
57	三台系 Santai(St)	台東縣都蘭村	N:22°50'32"	E:121°10'50"	銀合歡
58	水璉系 Shuilien(Sl)	台東縣都蘭村	N:22°52'56"	E:121°13'26"	雜草
59	永豐系 Yungfeng(Yf)	花蓮縣	N:23°08'30"	E:121°13'56"	雜草
60	壢坵系 Likyu(Hlk)	花蓮縣	N:23°09'57"	E:121°07'49"	玉米
61	大農村系 Taluntsun(Tlt)	花蓮縣豐濱	N:23°36'13"	E:121°30'35"	雜草、檳榔
62	枕頭山系 Chentoushan(Ct)	宜蘭縣頭城	N:24°50'39"	E:121°47'06"	水稻
63	六結系 Liuchieh(Lc)	宜蘭縣三星	N:24°41'12"	E:121°38'42"	水稻
64	淇武蘭系 Chiwulan(Ca)	宜蘭縣蘇澳鄉冬山村	N:24°38'20"	E:121°46'28"	水稻
65	大元社系 Tayuanshe(Tys)	宜蘭縣員山鄉再連村	N:24°43'02"	E:121°39'32"	桔子、雜草
66	棲蘭山系 Chilanshan(Cls)	宜蘭縣員山鄉內城村	N:24°43'32"	E:121°43'33"	野牡丹、禾本科雜草
67	百韜系 Paitao(Pta)	宜蘭縣大同鄉英士村	N:24°36'45"	E:121°30'03"	腎蕨、颱風草、桑樹
68	土場系 Tuchang(Tcg)	宜蘭縣大同鄉盆盆山下	N:24°37'36"	E:121°31'51"	腎蕨、倒地蜈蚣、禾本科雜草
69	南方澳系 Nanfangao(Nfa)	宜蘭縣大同鄉松羅村	N:24°39'26"	E:121°34'39"	芒草

表2. 採樣點之母質與分類

Table 2. Soil parent material and taxonomy of the sampling sites

	母　　質	編號	美國土壤分類 (Soil survey staff,1992)
片 岩	老沖積土	53	Epiaquept
		55	Udorthent
	新沖積土	54	Udorthent
石質土	板岩崩積化育而成	67	Udorthent
		68	Udorthent
	粘板岩崩積化育而成	66	Udorthent
砂頁岩沖積土	石灰性新沖積土	27	Udifluvent
		28	Endoaquept
		31	Udipsamment
		41	Udifluvent
	老沖積土	35	Haplaquent
	含石灰結核新沖積土	33	Haplaquent
		37	Udifluvent
	非石灰性老沖積土	9	Epiaquept
		10	Udipsamment
		14	Epiaquent
		17	Epiaquept
	非石灰性新沖積土	11	Epiaquept
		12	Haplaquept
		29	Udifluvent
		30	Udifluvent
		32	Haplaquent
		39	Haplustalf
		40	Haplaquent
砂頁岩黃壤		52	Haplochrept
紅 壤	安山岩	1	Paleudult
		2	Hapludox
		3	Paleudult
		4	Paleudult
		5	Rhodudult
		6	Rhodudult
		7	Paleudult
		8	Plinthaqualf
		13	Rhodudult
		15	Paleudult
		16	Paleudult
		49	Haplustox
		56	Paleudult
崩積土	板岩、千枚岩等變質岩崩積化育而成	60	Dystrochrept
	板岩崩積化育而成	65	Udorthent
	泥岩、砂頁岩崩積化育而成	61	Udorthent
	砂頁岩崩積化育而成	44	Udorthent
	粘板岩崩積化育而成	69	Udorthent

表2. 採樣點之母質與分類(續)

Table 2. Soil parent material and taxonomy of the sampling sites (Continued)

母 質		編號	美國土壤分類 (Soil survey staff,1992)
粘板岩沖積土	石灰性新沖積土	19	Udifluvent
		23	Udifluvent
		24	Haplaquept
		43	Udipsamment
	老沖積土	26	Epiaquept
		46	Epiaquept
		47	Epiaquept
		48	Epiaquept
		50	Endoaquept
		51	Epiaquept
		62	Udorthent
		64	Haplaquept
	含石灰結核老沖積土	18	Epiaquept
		20	Plinthaquept
		21	Udifluvent
		22	Epiaquept
		25	Epiaquept
	新沖積土	42	Udipsamment
		63	Udorthent
黑色土	火成集塊岩沖崩積物	58	Hapludoll
	石灰質棕色泥岩沖崩積物	59	Hapludert
	安石岩、質集塊岩及石灰質泥岩之沖崩積物	57	Hapludoll
臺灣粘土	含石灰結核	34	Endoaquept
		36	Endoaquept
		38	Endoaquept
		45	Undoaquent

(六) 陽離子交換能量(CEC)：採用修正醋酸銨法測定[11]。

(七) 交換性鉀、鈉、鈣、鎂：取過2mm篩網土壤10g，加100 ml 1N醋酸銨(pH=7.0)，振盪一小時後，以Whatman No.42濾紙過濾，濾液以ICP測定鉀、鈉、鈣、鎂含量[11]。

三、內生菌根菌孢子之分離與鑑定

將採樣土壤混勻，取100g土樣，每一採樣土壤4重複。利用濕篩法與糖度離心法[23]分離內生菌根菌孢子，以PVLG (polyvinyl alcohol lactic glycerol)[31]與Melzer's碘液[29]作成半永久片，在光學顯微鏡下根據孢子的孢壁構造及其他形態特癥鑑定菌根菌種類[36]。

四、菌根菌之孢子數與土壤理化性質之相關性分析

(一) 菌根菌孢子總數與土壤理化性質之相關性分析

不分菌根菌種類，先求得菌根菌孢子總數與土壤之有機質含量、有效性氮含量、有效性磷含量、黏粒含量，陽離子交換容量與交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數，由所求得之相關係數再作顯著性測試 (t-test ， P=0.05)[16]，可知菌根菌孢子總數與土壤之理化性質是否有相關。

(二) 單一菌根菌孢子數與土壤理化性質之相關性分析

在69個採樣土壤中選出出現10次以上之菌種五種，求得這五種菌根菌孢子數與採樣土壤之黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量與交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數，由所求得之相關係數再作顯著性測試，可知單一菌根菌孢子數與所測得之土壤理化性質是否有相關。

結　　果

一、採樣土壤之理化性質

69個採樣土壤之理化性質如表3，其pH值在3.5~8.1之間，其中38個土壤之pH值小於6 (55%)，14個土壤之pH值6~7 (20%)，17個土壤之pH值大於7 (25%)。

採樣土壤之母質與分類如表2。黏粒含量，以紅壤較高，片岩與砂頁岩較低，而紅壤中以淡水系(編號1)含量最高(70%)。

有機質含量在0.3%~6.8%之間，母質爲石質土(平均5.3%)、黏板岩(平均3.9%)與崩積土(平均3.8%)之含量較高，臺灣黏土(平均2.5%)與砂頁岩(平均2.6%)較低。

陽離子交換容量在2.6~18.9 cmol(+)/kg之間，以母質爲黑色土較高(平均14.1 cmol(+)/kg)，片岩較低(5.87 cmol(+)/kg)。

土壤有效性氮含量，以母質爲黏板岩(平均91.1 mg/kg)最高，砂頁岩(平均61.3 mg/kg)次之，崩積土、石質土、紅壤與片岩分別爲46.7, 46.2, 39.5, 35.1 mg/kg，而以黑色土(平均29.1 mg/kg)與臺灣黏土(平均30.8 mg/kg)較低。土壤有效性氮含量除了與土壤有機質含量有關外，亦受化學肥料氮肥施用之影響，母質爲黏板岩與砂頁岩者，其土壤有效性氮含量較高，可能因這些土壤大部分爲一般的農耕地，農民常施用化學氮肥以供作物生長需要，故土壤有效性氮含量較高。

土壤有效性磷含量(Olsen-P)，以母質爲崩積土(平均11 mg/kg)與石質土(平均13.4 mg/kg)較低，黏板岩(平均66.5 mg/kg)、紅壤(平均44.2 mg/kg)與砂頁岩(平均40.6 mg/kg)較高。土壤有效性磷含量亦與施肥有關，母質爲崩積土與石質土之土壤爲山坡地，非一般耕地，因無人爲施肥，有效性磷含量大多

表3. 採樣土壤之理化性質

Table 3. Physical and chemical properties of the collected soils

Soil No.	pH H_2O(1:1)	Clay (%)	O. M. (%)	CEC (cmol(+)/kg)	Available N (mg/kg)	Olsen-P (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol(+)/kg)			
							K	Na	Ca	Mg
1	6.2	70	0.3	13.1	19.3	10.7	542.7	56.9	962.0	183.8
2	5.2	30	3.7	11.9	38.2	202.4	130.1	129.6	437.2	106.1
3	4.4	23	5.4	18.9	41.3	7.1	126.0	28.4	93.6	25.4
4	5.4	22	3.6	9.9	27.3	36.5	114.5	52.3	720.2	164.2
5	5.1	15	5.2	11.4	28.0	8.8	121.0	93.7	481.1	133.0
6	5.0	7	4.6	10.0	41.3	54.8	67.6	41.0	575.3	75.4
7	5.0	25	4.7	12.1	29.4	26.7	179.7	92.0	640.8	128.6
8	4.8	10	4.5	10.0	41.5	44.1	100.6	63.7	551.8	117.4
9	5.9	9	3.5	10.1	94.2	29.9	91.8	98.5	1296.5	227.4
10	6.3	6	1.7	6.7	30.8	15.5	112.9	7.8	715.4	118.7
11	5.6	21	4.8	15.4	441.7	4.9	114.1	228.3	2027.5	369.9
12	5.4	17	4.5	14.9	125.0	9.7	74.1	105.5	2026.0	329.9
13	4.8	30	1.0	7.4	39.6	16.1	150.5	4.6	217.0	19.3
14	4.2	2	1.8	6.2	42.0	193.4	126.5	10.9	181.2	33.4
15	5.1	23	1.2	6.9	36.4	60.7	242.2	23.6	402.8	51.5
16	5.6	16	1.8	6.6	62.7	92.4	196.7	14.9	681.4	137.9
17	5.0	12	3.8	9.6	30.5	34.2	83.4	37.2	705.9	112.6
18	6.9	7	5.1	10.1	50.4	22.7	72.5	104.4	2518.0	376.8

表3. 採樣土壤之理化性質(續)

Table 3. Physical and chemical properties of the collected soils (Continued)

Soil No.	pH H_2O(1:1)	Clay (%)	O. M. (%)	CEC (cmol(+)/kg)	Available N (mg/kg)	Olsen-P (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol(+)/kg) K	Na	Ca	Mg
19	7.4	17	4.3	9.7	36.8	32.8	198.0	93.6	5740.5	346.6
20	7.5	10	2.4	5.2	187.0	51.3	194.0	105.5	4153.0	231.4
21	7.4	5	1.5	4.8	21.9	24.2	54.3	30.7	702.1	138.9
22	6.9	12	3.5	8.9	426.7	162.9	548.1	184.9	3544.5	414.7
23	7.1	15	5.0	11.2	74.2	67.9	280.1	278.9	5845.5	758.2
24	6.4	21	4.9	15.6	409.3	30.1	98.4	424.9	2975.0	402.9
25	7.4	23	4.5	11.7	166.6	50.3	146.5	69.7	5759.0	310.8
26	5.4	17	3.2	13.4	21.0	38.4	46.0	313.0	1677.0	286.7
27	6.4	7	1.5	10.2	19.1	31.7	21.7	18.1	214.5	46.8
28	7.3	11	3	13.9	46.7	48.7	40.8	38.0	384.9	79.6
29	6.9	18	0.4	6.5	9.5	14.7	10.5	54.5	149.4	46.3
30	5.5	9	3.2	9.8	26.6	10.7	29.2	15.9	189.1	37.1
31	6.9	10	2.4	10.1	25.7	47.5	16.5	8.8	442.7	47.4
32	8.0	10	1.1	9.0	23.8	14.2	12.8	23.4	485.1	36.3
33	5.1	20	1.1	5.0	45.5	23.4	19.0	45.2	127.0	19.8
34	5.4	7	1.4	7.5	16.1	11.9	17.8	9.6	132.9	44.4
35	3.7	7	2.4	6.5	36.4	68.5	9.0	6.7	15.6	1.2
36	6.0	15	3.5	10.6	18.9	30.7	66.2	77.8	1372.0	240.4
37	7.2	9	2.1	6.8	10.2	15.5	34.0	165.4	139.4	29.6
38	5.4	18	2.9	9.8	37.5	24.8	18.9	9.3	207.3	36.1
39	5.1	18	2.1	9.8	47.6	37.3	130.8	47.5	1177.5	179.5
40	8.1	23	2.6	14.5	7.7	10.8	155.0	37.6	5659.5	505.4
41	8.1	19	2	10.1	61.3	155.5	49.5	173.4	942.3	125.4
42	7.8	6	2.2	6.6	14.0	54.2	99.9	14.4	2703.5	141.4
43	5.9	9	2.6	6.8	26.1	82.0	73.8	14.1	583.4	76.0
44	4.3	7	2.2	4.9	51.8	12.3	19.9	7.3	27.2	5.1
45	8.0	27	2.3	10.7	50.8	8.1	22.6	40.1	1015.1	208.7
46	7.8	18	4.8	10.3	22.4	163.2	30.3	6.0	635.2	35.6
47	7.0	22	4.6	15.4	25.2	65.2	13.1	19.5	592.1	43.3
48	7.2	18	3.4	9.7	30.5	73.5	22.5	7.7	389.4	22.3
49	3.5	43	4	10.4	100.5	13.4	30.7	24.6	1.3	0.0
50	6.3	16	3.4	8.0	34.0	44.9	30.4	10.7	188.2	21.2
51	6.0	16	5	13.5	87.0	221.5	13.6	43.8	527.6	38.9
52	5.6	21	4.6	14.4	32.2	5.4	56.6	15.2	164.9	88.9
53	5.1	8	2.7	5.0	57.4	20.4	7.9	4.6	121.4	7.6
54	7.6	6	1.9	2.6	28.4	41.7	23.3	9.3	1383.0	9.2
55	5.7	23	5.3	10.0	19.6	5.9	6.7	15.0	134.6	5.5
56	5.7	6	1	8.1	17.9	1.2	5.6	3.7	20.0	5.2
57	8.0	21	3.2	13.8	20.7	15.5	44.1	14.1	545.9	54.4
58	6.0	11	3.9	14.7	32.9	30.6	101.3	10.3	300.5	60.9
59	5.2	17	3.6	13.8	33.6	20.9	36.5	9.1	211.3	44.3
60	5.3	6	3.2	4.7	72.8	8.6	8.2	2.8	66.8	0.4
61	5.4	22	4.6	17.8	19.4	23.8	50.3	10.4	111.2	39.3
62	5.6	8	5.5	9.0	35.0	26.7	100.3	42.2	858.8	112.7
63	6.5	18	3.2	7.0	35.7	18.2	63.9	48.0	1153.0	218.0
64	5.4	20	4.3	9.6	28.0	33.3	98.3	47.4	854.9	111.8
65	4.6	32	3.5	10.4	42.8	5.6	105.5	19.2	63.1	23.7
66	4.3	32	5.1	15.7	46.2	15.8	114.8	27.7	33.7	16.8
67	6.1	9	6.8	14.9	ND[z]	18.5	211.8	27.0	1676.0	234.8
68	4.9	7	3.9	8.2	ND	5.9	135.7	15.2	277.3	70.9
69	5.1	8	5.4	10.8	ND	4.7	76.7	11.0	416.5	122.0

[z] ND指未測定。

表4. 採樣土壤之菌根菌數量

Table 4. Number of VAMF in the collected soils

Soil No.	Total spore No.		Soil No.	Total spore No.	
	Mean	STD		Mean	STD
1	0	0	36	7.8	14.2
2	0	0	37	15.0	19.7
3	40.0	46.7	38	1.0	1.4
4	14.5	14.5	39	0	0
5	7.8	7.2	40	13.5	23.1
6	0	0	41	0	0
7	2.0	4.0	42	0	0
8	0	0	43	26.0	22.3
9	0	0	44	31.0	27.9
10	14.8	18.0	45	11.0	13.1
11	0	0	46	0	0
12	1.3	2.5	47	1.0	1.4
13	122.5	141.8	48	2.5	2.9
14	21.3	27.2	49	76.3	35.1
15	42.3	56.6	50	4.3	4.9
16	77.8	55.9	51	0	0
17	0	0	52	12.3	11.8
18	0	0	53	7.8	12.4
19	1.0	1.4	54	8.8	4.9
20	1.5	3.0	55	6.8	6.1
21	769.8	369.8	56	8.8	13.6
22	1.0	1.4	57	0	0
23	10.5	16.1	58	13.0	10.4
24	1.5	1.7	59	2211.5	2742.4
25	0	0	60	20.3	18.6
26	1350.8	1197.4	61	59.3	65.8
27	4.8	8.8	62	0	0
28	6.0	8.8	63	18.3	13.6
29	6.3	9.3	64	0	0
30	2.8	3.8	65	135.5	93.0
31	0	0	66	60.0	33.1
32	4.3	2.9	67	0	0
33	3.5	1.7	68	82.0	39.9
34	23.0	24.8	69	101.8	57.3
35	25.5	5.1			

在20 mg/kg以下；而一般農耕地常因施肥而使土壤有效性磷含量提高。

二、內生菌根菌在土壤中之分布

由顯微鏡鏡檢之菌根菌數量詳列於表4，在69個採樣土壤中有19個土壤(28%)找不到內生菌根菌孢子，孢子數超過100個/100 g soil之土壤只有6個(9%)，分別爲南投縣之大埔美系土壤(編號13) 122.5個/100 g soil，宜蘭縣之大元社系土壤(編號65) 135.5個/100 g soil，彰化縣之路上厝系土壤(編號21) 769.8個/100 g soil，彰化縣之花壇系土壤(編號26) 1350.8個/100 g soil，與花蓮縣之永豐系土壤(編號59) 2211.5個/100 g soil。

在69個採樣土壤所出現之內生菌根菌菌種共有15種，這15種菌根菌在69個採樣土壤中出現之次數與孢子數列於表5，出現最多次(25次)之菌根菌菌種爲*Acaulospora morrowiae* (AMRW)，其次爲*Glomus occultum* (LOCT) (16次)，*G. claroideum* (LCLR) (10次)，*G. mosseae* (LOMS) (10次)，*A.*

表5. 不同菌根菌種類在69個採樣土壤出現之次數與數量

Table 5. The occurrence and quantity of individual species of VAMF in 69 collected soils

VAM species[z]	AKKI	AMLA	AMRW	ASCB	ECLB	GMGR	LCLR	LETC	LGSP	LMCC	LMOS	LMNH	LOCT	LSPC	SPLC
Occurrence among 69 soils	3	10	25	8	4	4	10	7	3	5	10	5	16	6	1
Total spore no.	10.0	343.8	1683.8	784.5	32.0	12.3	46.5	35.0	42.0	96.5	37.3	34.5	220.3	2098.3	14.0
Mean spore no.	3.3	34.4	67.4	98.1	8.0	3.1	4.7	5.0	14.0	19.3	3.7	6.9	13.8	349.7	14.0

[z] VAM species abbreviation: AKKI: *Acaulospora koskeii*; AMLA: *A. mellea*; AMRW: *A. morrowiae*; ASCB: *A. scrobiculata* ECLB: *Entrophospora coulumbiana*; GMGR: *Gigaspora margarita*; LCLR: *Glomus claroideum*; LETC: *G. etunicatum*; LGSP: *G. geosporum*, LMCC: *G. macrocarpum*; LMOS: *G. mosseae*; LMNH: *G. manihotis*; LOCT: *G. occultum*; LSPC: *G. spurcum*; SPLC: *Scutellospora pellucida.*

mellea (AMLA) (10次)，*A. scrobiculata* (ASCB) (8次)，*G. etunicatum* (LETC)(7次)，與*G. spurcum* (LSPC) (6次)。而平均孢子數最多之菌根菌菌種爲*G. spurcum* (LSPC) 349.7個/100g soil與*A. scrobiculata* (ASCB) 98.1個/100g soil。

三、菌根菌之孢子數與土壤理化性質之相關性

在69個採樣土壤中，各種不同的菌根菌之孢子總數與土壤有機質含量之相關係數爲-0.03，由相關係數作顯著性測試(t-test，P=0.05)[16]，可知菌根菌之孢子總數與土壤有機質含量無明顯相關。從菌根菌孢子總數與土壤有機質含量之關係圖(圖2)可知，菌根菌多分佈於有機質含量小於5.5%的土壤中。菌根菌之孢子總數與土壤有效性磷(Olsen-P)含量及土壤有效性氮含量亦無明顯相關，其相關係數分別爲-0.07，-0.08，但從菌根菌孢子總數與土壤有效性磷含量及土壤有效性氮含量之關係圖(圖3，圖4)可知，菌根菌多分佈於土壤有效性磷含量小於75 mg/kg及土壤有效性氮含量小於75 mg/kg之土壤中。菌根菌之孢子總數與土壤黏粒含量，陽離子交換容量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲-0.01，0.11，-0.10，0.11，-0.06，-0.01，由相關係數顯著性測試得知，菌根菌之孢子總數與土壤黏粒含量，陽離子交換容量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性不顯著。

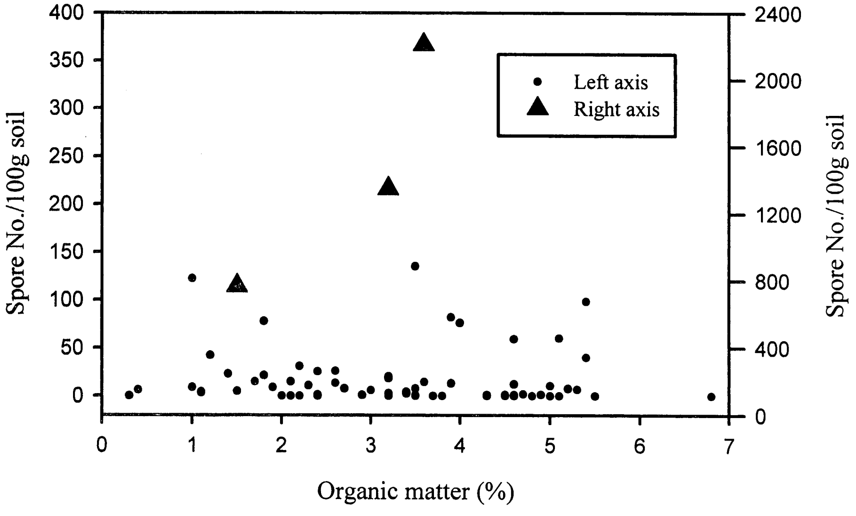

圖2. 菌根菌孢子數對土壤有機質含量之分布。

Fig. 2 Distribution of spore of VAMF versus organic matter in the soil.

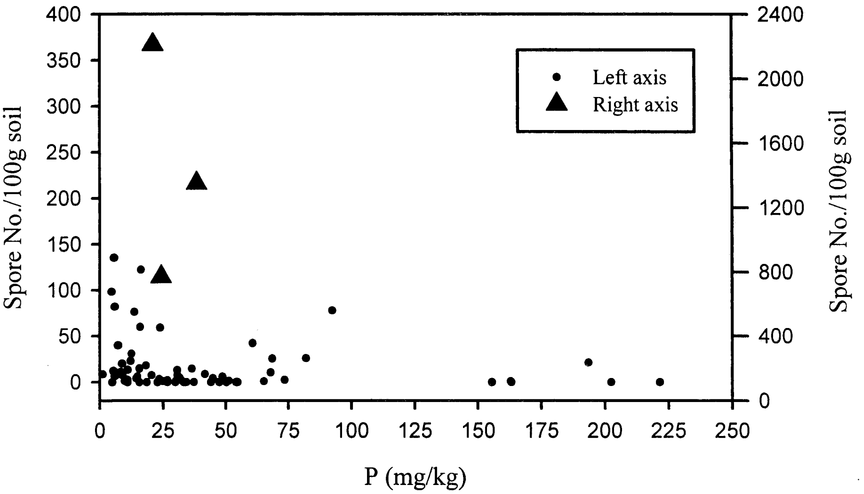

圖3. 菌根菌孢子數對土壤有效磷之分布。

Fig. 3 Distribution of spore of VAMF versus available P in the soil.

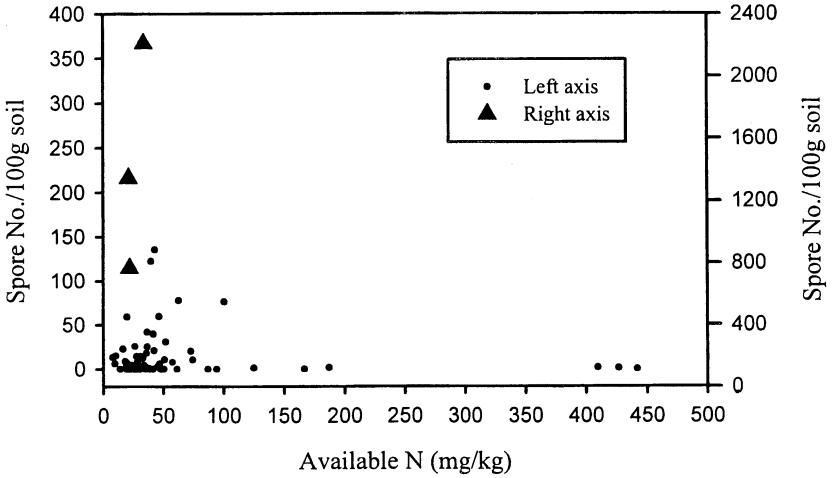

圖4. 菌根菌孢子數對土壤有效性氮含量之分布。

Fig. 4 Distribution of spore of VAMF versus available N in the soil.

在69個採樣土壤中選出出現次數10次以上之菌種五種，探討這五種菌根菌與採樣土壤理化性質之相關性。這五種菌種分別爲*A. mellea*，*A. morrowiae*，*G. claroideum*，*G. mosseae*與*G. occultum*。

在發現有*A. mellea*菌種之土壤有10個，*A. mellea*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲0.28，-0.08，0.30，-0.35，0.06，-0.44，0.76，0.03，0.35，由相關係數顯著性測試得知，A. mellea 孢子數與黏粒含量，有機質含量，有效性氮含量，有效性磷含量，陽離子交換容量，交換性鉀、鈣、鎂含量相關性不顯著，只有*A. mellea*孢子數與交換性鈉含量成正相關(r=0.76)。在發現有*A. mellea*菌種之土壤pH

值爲3.5~7.4，pH值大於7的土壤有兩個，其孢子數分別爲1，5.3個/100g soil，其他出現在酸性土壤。孢子數最多的土壤(孢子數爲391個/100g soil，編號26)，其土壤pH值爲5.4，爲彰化縣花壇系土壤，其植生爲美人樹(*Chorisia speciosa*)、雜草，土壤之有機質含量爲3.2 %，有效性氮含量38.4 mg/kg，有效性磷含量38.4 mg/kg。

在發現有*A. morrowiae*菌種之土壤有25個，*A. morrowiae*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲0.09，-0.01，0.23，-0.18，0.02，-0.08，0.43，0.13，0.20，由相關係數顯著性測試得知，*A. morrowiae*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性皆不顯著。出現*A. morrowia*菌種之土壤pH值爲4.2~7.6，pH值大於7的土壤有三個，孢子數分別爲10.5，2.3，1.3個/100g soil，pH值在6~7的土壤有5個，孢子數皆少於10個/100g soil，其餘17個土壤pH值皆小於6，孢子數最多的土壤(孢子數爲1148個/100g soil，編號26)，其土壤pH值爲5.4，孢子數次多的土壤(孢子數爲133.5個/100g soil，編號59)，其土壤pH值爲5.2，由此可知，*A. morrowia*菌種較喜歡偏酸性土壤。

在發現有*G. claroideum*菌種之土壤有10個，*G. claroideum*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲0.10，0.07，-0.15，0.18，0.08，-0.15，0.00，-0.24，-0.11，由相關係數顯著性測試得知，*G. claroideum*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性不顯著。在發現有*G. claroideum*菌種之10個土壤，其土壤pH值爲4.9~8.1，土壤pH值大於7的土壤有2個，pH值在5~7有7個，小於5的有1個。10個土壤所發現之*G. claroideum*孢子數皆不高，孢子數最多爲13.5個/100g soil(編號4)，其土壤pH值爲5.4，爲桃園縣坡堵系土壤，其植生爲水稻，土壤有機質含量爲3.6%，有效性氮含量27.3 mg/kg，有效性磷含量36.5 mg/kg。

在發現有*G. mosseae*菌種之土壤有10個，*G. mosseae*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲-0.50，-0.37，-0.35，-0.26，-0.32，-0.14，-0.34，-0.14，-0.15，由相關係數顯著性測試得知，*G. mosseae*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性不顯著。在發現有*G. mosseae*菌種之10個土壤，其土壤pH值爲5.4~8.1，土壤pH值大於7的土壤有3個，pH值在6~7的有5個，pH值小於6之土壤有2個，由此可知，*G. mosseae*較喜歡微酸至中性土壤。10個土壤所發現之*G. mosseae*孢子數皆不高，孢子數最多爲15個/100g soil(編號34)，其土壤pH值爲5.4，爲臺南縣林鳳營系土壤，其植生爲禾本科雜草，土壤有機質含量爲1.4%，有效性氮含量16.1 mg/kg，有效性磷含量11.9 mg/kg。

在發現有*G. occultum*菌種之土壤有16個，*G. occultum*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲0.27，0.13，-0.01，0.22，-0.37，0.39，-0.12，-0.14，-0.13，由相關係數顯著性測試(t-test，P=0.05)得知，*G. occultum*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性不顯著。在發現有*G. occultum*菌種之土壤pH值爲3.5~8.1，pH值大於7的土壤有4個，pH值在6~7的土壤有3個，pH值小於6的土壤有9個，由此可知，*G. occultum*的分佈較廣，從酸性土壤至鹼性土壤皆可發現*G. occultum*的蹤跡，但稍偏好酸性土壤。孢子數最多的土壤(孢子數爲107.8個/100g soil，編號65)，爲宜蘭縣大元社系土壤，pH值4.6，爲山坡地，其植生爲桔子、雜草，土壤之有機質含量爲3.5%，有效性氮含量42.8 mg/kg，有效性磷含量5.6 mg/kg。

討　　論

本調查中發現，在69個採樣土壤中有19個土壤(28%)找不到囊叢枝內生菌根菌孢子，有63個土壤(91%)之孢子數少於100個/100g soil，此調查結果若與加拿大安大略省的玉米田之菌根菌孢子數 (900~7000個/100g soil)[40]相比較，臺灣一般低海拔農耕地與坡度較小的坡地，其菌根菌孢子數顯然偏低。

在69個採樣土壤中，孢子數最多的三個土壤，其植生爲美人樹(*Chorisia speciosa*)與雜草，土壤較少翻動。而種植水稻的19個土壤，其中有10個土壤找不到孢子，孢子數最高爲18.3個/100g soil，平均爲3.1個/100g soil。根據Kucey and Paul [32]之調查，在未翻動土壤與鄰近的耕作土壤之菌根菌數量，以未翻動土壤中菌根菌之孢子數較多，未翻動土壤中菌根菌之孢子數爲耕作土壤之1.1~33.5倍(平均4.8倍)，Kucey and Paul認爲耕作會減少菌根菌宿主之根密度，亦會減少孢子的數量。

對於內生菌根菌孢子數與交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性之研究很缺乏，而在本調查中，出現機率較高的五種菌根菌中，*A. mellea*的孢子數與交換性鈉含量有明顯之相關，而兩者之相關性何以如此之高，有待進一步研究。菌根菌孢子的數量受環境中很多因子的共同影響，由調查結果很難單就土壤的某一理化因子與菌根菌總孢子數有明顯相關性，故欲探討何種因子影響菌根菌總孢子數必須控制其他因子不變而只改變單一因子，如此方能瞭解兩者之相關性。

結　　論

一、本調查中發現，在69個採樣土壤中有19個土壤(28%)找不到囊叢枝內生菌根菌孢子，有63個土壤(91%)之孢子數少於100個/100g soil，臺灣代表性土壤中囊叢枝內生菌根菌孢子數顯然偏低。

二、在69個採樣土壤所出現之內生菌根菌菌種共有15種，而這15種菌根菌出現6次以上的有8種，分別爲*A. mellea*，*A. morrowiae*，*A. scrobiculata*，*G. claroideum*，*G. etunicatum*，*G. mosseae*，*G. occultum*與*G. spurcum*。平均孢子數最多之菌根菌菌種爲*G. spurcum* (349.7個/100g soil)與*A. scrobiculata* (98.1個/100g soil)。

三、本次採集的土壤樣品中除了*A. mellea*的孢子數與交換性鈉含量有明顯之正相關外，其餘的土壤樣品中菌根菌的孢子數與土壤的黏粒含量，有機質含量，有效性氮含量，有效性磷含量，陽離子交換容量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量的相關性皆不顯著。由調查結果顯示，菌根菌多分布在土壤有機質含量小於5.5%、有效性氮含量小於75 mg/kg及有效性磷含量小於75 mg/kg之土壤中。

四、根據菌種在土壤樣品的出現機率發現，*A. morrowiae*多分布於酸性土壤，*G. mosseae*則分布在微酸性至中性土壤，*G. occultum*分布範圍較廣，從酸性土壤到鹼性土壤皆可發現。

誌　　謝

本研究試驗經費承行政院農業委員會補助〔計畫編號：87-科技-1.1- 糧-17(4)，88-科技-1.1-糧-10(3)〕，特申謝忱。試驗期間，感謝本所農化系郭鴻裕、朱戩良、劉滄棽等三位先進及土壤微生物實驗室的所有同仁之協助，使研究得以順利進行。

引用文獻

1. 王均琍。1996。囊叢枝內生菌根對洋蔥生長及產量之影響。中華農學會報新 174: 56-71.
2. 王均琍、林怡廷。1997。不同微生物肥料對矮牽牛生育與開花之影響。國立屏東大學學報 6(4): 251-261。
3. 文紀鑾、張喜寧。1994。繡球屬菌根對組織培養非洲菊幼苗生長之影響。國立台灣大學農學院報告 34: 97-110。
4. 文紀鑾、張喜寧。1995。溫度與繡球屬菌根對組織培養非洲菊生長與切花品質之影響。國立台灣大學農學院報告 35:

75-91。

5. 吳繼光。1994。台灣內生菌根菌資源調查與種源開發。131-156頁。微生物肥料之開發與利用研討會專刊。臺灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所編印。
6. 李蘭帝。1968。擴散法在硝酸態氮定量上的應用。農業研究 17(2): 49-50。
7. 屏東縣土壤調查報告。1971。國立中興大學土壤學系。
8. 高雄縣土壤調查報告。1975。國立中興大學土壤學系。
9. 張淑賢。1981。本省現行植物分析法。53-54頁。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第13號。
10. 張喜寧。1992。台灣園藝囊叢枝內生菌根之研究與展望。科學農業 40: 45-52。
11. 張愛華。1981。本省現行土壤測定方法。9-26頁。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第13號。
12. 陳春泉。1976。桃園縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第33號。
13. 陳春泉。1978。台北、宜蘭縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第35號。
14. 陳春泉。1979。花蓮、臺東縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第36號。
15. 程永雄、莊明富、杜金池。1993。內生菌根菌 *Glomus clarum* 應用在洋香瓜生產上之效益評估。中華農業研究 42: 74-84。
16. 葉樹藩。1990。試驗設計學第一部分 生物統計學。166-170頁。國立臺灣大學農學院生物統計研究室。大興圖書印製有限公司印刷。
17. 彰化縣土壤調查報告。1969。國立中興大學土壤學系。
18. 臺中、南投縣土壤調查報告。1976。國立中興大學土壤學系。
19. 臺南縣土壤調查報告。1969。國立中興大學土壤學系。
20. 蔡呈奇、陳尊賢、許正一、郭鴻裕。1998。臺灣地區農地與坡地代表性土壤的選定與其相關資料庫的建立。土壤與環境 1: 73-88。
21. 蔡宜峰、黃祥慶。1996。微生物肥料與氮、磷肥用量對草莓產量及品質之影響試驗。土壤肥料試驗報告 208-216頁。臺灣省政府農林廳編印。
22. Bremner, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. *In*: Methods of soil analysis . (Black, C. A. *et al.*,eds.). Part 2. Agronomy 9: 1179-1237. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis.
23. Daniels, B. A., and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of progagules from soil. pp. 20-45. *In*: Methods and principle of mycorrhizal research. (Schenck, N.C., ed.). The American Phytopathological Society. St. Paul.
24. Daniels, B. A., and J. M. Trappe. 1980. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus Epigaeus*. Mycologia 72: 457-471.
25. Gee , G. W., and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-411. *In*: Method of soil analysis. (Klute, A., ed.). 2nd ed. Part 1. Am. Soc. of Agron.
26. Gianinazzi-Pearson, V., and H. G. Diem. 1982. Endomycorrhizae in the tropics. pp. 209-251. *In*: Microbiology of tropical soils and plant productivity. (Dommergues ,Y. R., and H. G. Diem ,eds.). Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, TheHague/Boston/London.
27. Green , N. E., S. O. Graham, and N. C. Schenck. 1976. The influence of pH of the germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia 68: 929-934 .
28. Harley , J. L., and S. E. Smith. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London .
29. Hawksworth, D.L., P.M. Kirk, B.C. Satton, and D.N. Pegler(eds.). 1995. Dictionary of the fungi. 8th edition. p.437. University Press, Canbridge.
30. Hayman, D. S. 1975. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. pp. 495-509. *In*: Endomycorrhizas. (Sander, F. E. , B. Moss, and P. B. Tinker,eds.). Academic Press, Condon.
31. Koske, R. E., and B. Tessier. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. Newsletter Mycol. Soc. Amer. 34: 59 .
32. Kucey, R. M. N., and E. A. Paul. 1983. Vesicular- arbuscular mycorrhizal spore populations in various Saskatchewan soils and the effect of inoculation with *Glomus mosseae* on faba bean growth in greenhouse and field trials. Can. J. Soil Sci. 63: 87-95.
33. McLean , E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. pp. 206-209. *In*: Method of soil analysis. (Page, A. L., R. H. Miller, and

D.R. Keeney, eds.). 2nd ed. Part 2. Am. Soc. of Agron.

34. Menge, J. A. S., N. M. Davis, and V.Minassian. 1977. Mycorrhizal fungi associated with Citrus and their possible interactions with pathogens. Proc. Int. Soc. Citriculture 3: 872-876.

35. Olsen, S.R., and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. pp 421-422. *In*: Method of soil analysis . (Page, A. L., R. H. Miller, and D.R. Keeney, eds.). 2nd ed. Part 2. Am. Soc. of Agron.

36. Schenck, N. C. and Y. Perez. (Eds). 1990. Mannual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Synergistic Publication, Gainesville, Florida. P. 286.

37. Sheikh, N. A., S. R. Saif, and A. G. Khan. 1975. Ecology of *Endogone*. II. Relationship of *Endogone* spore population with chemical soil factors. Islamabad J. Sci. 2: 6-9.

38. Siqueira, J. O., D. H., Hubbell, and N. C. Schenck. 1982. Spore germination and germ tube growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *in vitro*. Mycologia 74: 952.

39. Sutton, J.C. 1973. Development of vescular-arbuscular mycorrhizal in crop plants. Can. J. Bot. 51: 2487-2493.

40. Sutton,J.C., and G.L. Barron. 1972. Population dynamic of *Endogone* spores in soil. Can. J. Bot. 50: 1909-1914.

41. Wu, C.G., Y. S. Liu, and L. L. Hung. 1995. Spore development of *Entrophospora Kentinensis* in an aeroponic system. Mycologia 87: 582-587.

General Survey of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Selected Soils of Taiwan[1]

Su-Chen Lin[2], Kun-Huang Houng[3], and Chi-Guang Wu[2]

Summary

A general survey of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in some representative soils of Taiwan was conducted to investigate their diversity and quantity, as well as the correlation between spore number and soil compositions. The results indicated that 19 soil samples among 69 collection sites (28%) could not retrieve any spore, and 63 samples (91%) contained spores less than 100 spores/100 g soil. Totally, 15 species of AMF were recorded from 69 collected soils, and among which 8 species were identified in more than 6 soils. These species included Acaulospora mellea (10/69), A. morrowiae (25/69), A. scrobiculata (8/69), Glomus claroideum (10/69), G. etunicatum (7/69), G. mosseae (10/69), G. occultum (16/69), and G. spurcum (6/69). The most productive species were G. spurcum (349.7 spores/100g soil) and A. scrobiculata (98.1 spores/100g soil). The correlation between spore number and the contents of clay, organic matter, available nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, sodium, calcium and magnesium as well as cation exchangeable capacity (CEC) was not significant; however, for the species of A. mellea, the spore number was positively related to the exchangeable sodium contents in the collected soils. In this study, VA mycorrhizal fungi were mostly recovered from the soils containing organic material < 5.5%, available N < 75 mg/kg, and available P < 75 mg/kg. Based on the species frequency identified among soil samples, A. morrowiae was mainly isolated from acidic soils, and G. mosseae was frequently identified from weakly acidic to neutral soils. However, G. occultum seems to favor broader range of distribution, from acidic to alkaline soils.

Key words : Arbuscular mycorrhizal fungi, Ecology.

---

1. Contribution No.2046 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Assistant and Associate Researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.